MERISTEMAS

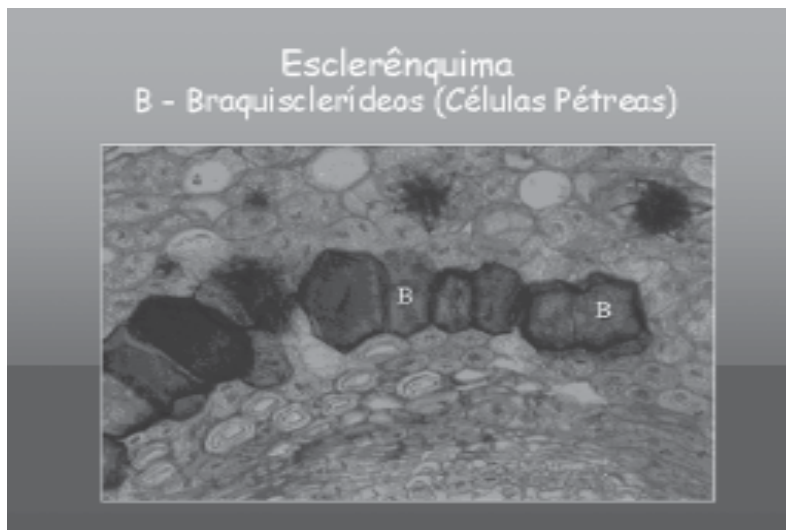
META

Apresentar o tecido responsável pelo crescimento do vegetal, sua classificação e o seu papel no estabelecimento dos padrões de desenvolvimento dos órgãos.

OBJETIVOS

Ao final da aula, o aluno deverá:
definir o conceito, funções, localização, constituição, tipos, e papel do meristema no estabelecimento de padrões de desenvolvimento dos órgãos.

PRÉ-REQUISITOS

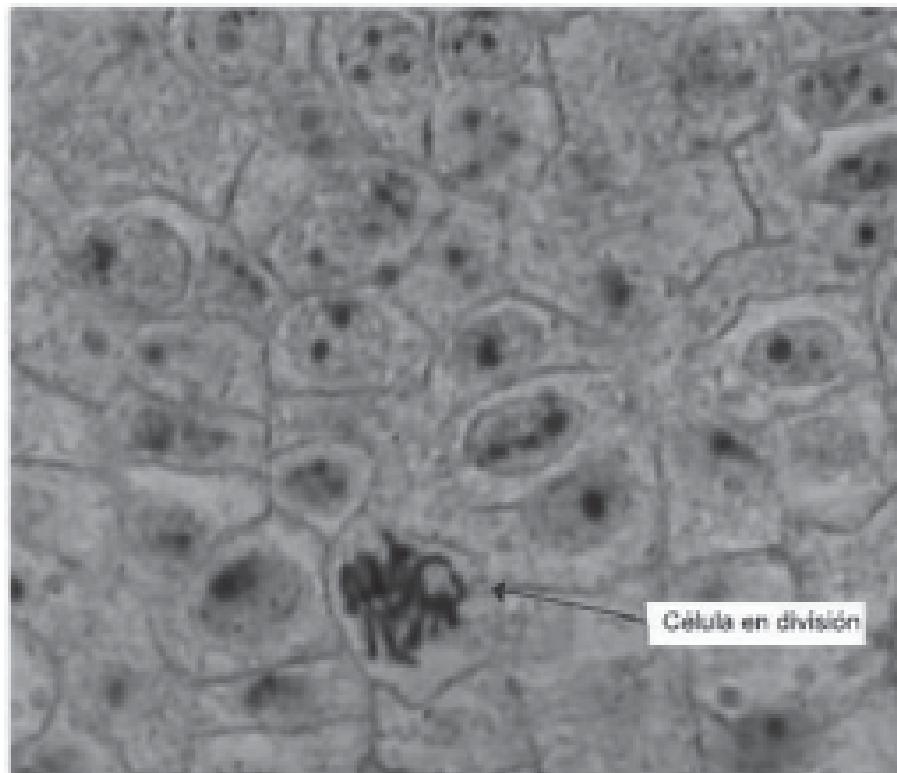
O aluno deverá conhecer a organização interna do vegetal.

Tecido da pele.
(Fonte: http://www.geocities.com).

INTRODUÇÃO

As células meristemáticas, embora não especializadas contém, os elementos essenciais para a edificação da estrutura das células diferenciadas. Caracterizam-se pelo tamanho reduzido, considerável compactação, parede apenas primária e plastídios não diferenciados (proplastídios). O núcleo pode ser proeminente (como nos meristemas apicais), ou não (como nos meristemas laterais); o citoplasma pode ser denso, conseqüência de vacúolos minúsculos (como nos meristemas apicais) ou não (como nos meristemas laterais).

Os meristemas são os tecidos responsáveis pelo crescimento e cicatrização de injúrias nos vegetais.

Tecido é uma associação de células que possuem uma origem em comum e que em conjunto cumprem as mesmas funções. São formados a partir de células apicais. Podem ser formados por apenas um tipo de células, neste caso são *tecidos simples.* Os que são formados por vários tipos de células são *tecidos complexos.*

O botânico alemão Sachs, no século XIX, elaborou uma classificação baseada na continuidade dos tecidos no corpo vegetal, estabelecendo três sistemas: *dérmico* (tecidos de proteção), *vascular* (tecidos de condução) e *fundamental*.

Celulas meristemáticas.
(Fonte: http://www.biologia.edu.ar).

CÉLULAS MERISTEMÁTICAS

As células meristemáticas são células morfologicamente indiferenciadas, no entanto especializadas na função de dividir-se ordenadamente. Sua estrutura e fisiologia são muito diferentes das de qualquer outra célula do corpo da planta. O nome do tecido provém do grego *meristos* que significa divisível.

CLASSIFICAÇÃO DOS MERISTEMAS

Os meristemas são classificados pela sua localização no corpo da planta em:
1. apicais
2. laterais
3. intercalares.

Levando em consideração o tempo de aparecimento do meristema, eles são classificados em primários e secundários. Os meristemas apicais são primários, e os laterais (câmbio e felogênio), são secundários.

LOCALIZAÇÃO DOS MERISTEMAS

O zigoto ou célula ovo das plantas superiores se desenvolve em um embrião. A capacidade de divisão fica restrita a certas porções do tecido que permanecem embrionárias e se multiplicam ativamente, localizadas nos ápices do embrião: são os meristemas apicais do caule e da raiz.

FUNÇÕES

Os meristemas apicais possuem três funções básicas:
Auto perpetuação
Produção de células somáticas (*soma*=corpo)
Estabelecimento dos padrões de desenvolvimento do órgão

Um meristema apical cresce como um todo organizado, e as divisões seguem um programa pré determinado que se relaciona com a forma externa do ápice e com a ordenação intrínseca de crescimento.

MERISTEMAS APICAIS OU PRIMÁRIOS

Os meristemas apicais ou primários são os responsáveis pela formação do corpo primário da planta. São encontrados nos ápices de raízes e

caules, principais e laterais. No caule, o meristema apical está protegido pelos primórdios foliares que o envolvem formando as gemas.

O meristema primário da raiz apresenta uma particularidade: está protegido pela caliptra contra os danos mecânicos causados pelo solo. Por apresentar este tecido, o meristema do ápice radicular chama-se *subapical*. Além disso, as raízes laterais são endógenas e se originam em zonas já diferenciadas.

As células dos meristemas primários são pequenas, isodiamétricas e não deixam entre si espaços intercelulares. Sua parede é primaria, constituída apenas de celulose e compostos pécticos. O protoplasto é denso, com retículo endoplasmático pouco desenvolvido, rico em ribossomos e dictiossomos, com mitocôndrias, plastídios em forma de proplastos e núcleo volumoso, ocupando posição central na célula. Geralmente possui pequenos e poucos vacúolos, dispersos no citoplasma.

Cresce por crescimento plasmático, que dizer, pela formação de novo protoplasma, uma vez que as células dos demais tecidos crescem por dilatação, ou seja pelo aumento do tamanho dos vacúolos.

MERISTEMA APICAL DO CAULE

O ápice vegetativo do caule é o sítio do meristema apical e de seus meristemas primários derivados. A expressão meristema apical é usada para designar a porção do ápice vegetativo que fica por cima do primórdio foliar mais jovem.

Todos os meristemas apicais apresentam células iniciais, que se caracterizam por dividir-se da seguinte maneira: uma célula filha se conserva como célula inicial, enquanto que a outra será uma célula derivada. Desta forma, o meristema se auto-perpetua e o número de células iniciais permanece constante.

As células iniciais permanecem meristemáticas e se dividem devagar; as células derivadas se dividem ativamente produzindo as células que se diferenciarão passando a integrar o corpo da planta. O conjunto de células inicias e as primeiras derivadas recebem a denominação de promeristema.

As células derivadas se diferenciam progressivamente através de mudanças nas células (tamanho, vacuolização, freqüência e orientação das mitoses) nos três meristemas primários derivados (denominados meristemas transicionais).

Protoderme
Procâmbio
Meristema fundamental

Os quais formarão respectivamente os *sistemas* de tecidos: dérmico, vascular e fundamental.

PLANOS DE DIVISÃO

De acordo com o plano de divisão celular, em relação com a superfície do órgão, as divisões recebem distinta denominação. Se a divisão é paralela a superfície é denominada periclinal. Se é perpendicular é denominada anticlinal. Se o plano da divisão é intermediário é chamada de oblíqua.

De acordo com o plano predominante nas divisões celulares, as células derivadas podem apresentar distintos tipos de crescimento. Quando as células se dividem de acordo com vários planos se produz crescimento em volume. Quando predominam as divisões anticlinais, o crescimento é em superfície, tendo como resultado um órgão laminar. O crescimento em espessura do órgão ocorre pelo predomínio de divisões periclinais.

ESPERMATÓFITAS

O meristema apical do caule das Angiospermas e algumas Gimnospermas (*Araucaria, Ephedra, Phyllocladus* e *Thujopsis*) apresenta numerosas células apicais dispostas em dois grupos: a túnica formada por uma ou mais camadas periféricas de células que se dividem anticlinalmente, e o corpo, grupo de várias camadas de profundidade no qual as células se dividem em diversos planos. Cada grupo tem suas células iniciais, que se localizam em posição central.

O número de camadas da túnica varia. Nas Gimnospermas *Thujopsis* e *Phylloclados* há apenas uma, entretanto, mais da metade das espécies estudadas de Eudicotiledôneas possuem uma túnica de duas camadas. Os números mais comuns em Monocotiledôneas são um e dois.

Outras espécies possuem três e quatro camadas de túnica, e os números máximos conhecidos são nove em *Oxycoccus* (Ericaceae) e 18 em *Xanthorrhoea*. Se a túnica é pluriestratificada, cada camada conta com suas próprias células iniciais.

A camada mais externa da túnica se diferencia em protoderme, no entanto, as derivadas da camada interna contribuem de forma diversamente com os tecidos periféricos.

Em algumas Angiospermas (*Opuntia, Chrysanthemum, Xanthium, Liriodendron, Musa*) e em algumas Gimnospermas, o meristema apical apresenta uma zonificação cito-histológica. Isto significa que há porções com características diferentes em respeito ao tamanho celular e núcleo, coloração, espessura das paredes, orientação e freqüência das divisões celulares.

Embaixo da túnica se encontram as células mães centrais, rodeadas por uma camada de células chamada zona de transição, que pode não estar bem delimitada, e variar na mesma planta.

Em muitas Gimnospermas (*Pinus, Ginkgo e Torreya*) e Monocotiledôneas, as células iniciais nas camadas mais externas se dividem periclinal e anticlinalmente. Neste caso, vários autores falam de manto e corpo central. Ambos os grupos possuem células conspicuamente vacuoladas, e sua atividade mitótica é baixa. As células do manto se diferenciam das da túnica por apresentarem divisões periclinais e anticlinais. As células centrais podem ter paredes espessadas, com campos primários de pontuações. Algumas exceções são conhecidas: em *Saccharum* (cana-de-açucar) há divisões periclinais inclusive na camada mais externa, e alguns autores a interpretam como sem túnica-corpo. Em *Cycas e Cupressus* as células mãe centrais não estão bem diferenciadas. Em *Sequoia* há um grupo de células iniciais que se dividem periclinal e anticlinalmente, não sendo reconhecidas zonas.

ORIGEM DAS FOLHAS

Um primórdio foliar se inicia na região periférica do ápice caulinar através de divisões celulares localizadas que determinam a formação de una protrusão ou protuberância.

A iniciação das folhas produz mudanças periódicas no tamanho e na forma do ápice caulinar. O período de tempo, ou seja o intervalo compreendido entre o começo de dois primórdios sucessivos se chama plastocrono.

Em *Zea mays* e *Elodea*, cujo meristema apical é consideravelmente elevado, o ápice não sofre mudanças plastocrônicas.

A relação entre os primórdios foliares e o meristema apical varia muito nas diferentes espécies, no entanto, sempre a região periférica do ápice caulinar é a principal contribuinte para o crescimento dos primórdios foliares.

Em Pteridófitas as folhas se formam a partir de células superficiais únicas ou a partir de grupos de células superficiais, uma das quais se desenvolve rapidamente e se converte na célula apical do primórdio.

Na maioria das Gimnospermas e Eudicotiledôneas as divisões se iniciam nas camadas subsuperficiais. No entanto em muitas Monocotiledôneas a iniciação foliar começa com divisões periclinais nas células da camada superficial do ápice.

A posição dos primórdios foliares ao redor do caule está correlacionada com a filotaxia. Várias teorias foram postuladas para explicá-la. No entanto, o certo é que a disposição das folhas está correlacionada com a arquitetura do sistema vascular no caule, de modo que é parte de um desenho global na organização caulinar.

ORIGEM DOS RAMOS

Nos rizomas de *Microgramma* a ramificação é estritamente lateral e extra-axilar As gemas que originaram os ramos se formam lateralmente em relação ao meristema apical, e não estão localizadas na axila das folhas.

Nas plantas com sementes (Spermatophyta), os ramos se originam geralmente a partir de gemas localizadas na axila das folhas. As *gemas axilares* são de origem *exógena*, quer dizer que se formam nas duas ou três camadas de células mais superficiais (protoderme e as que estão imediatamente abaixo). Estas células se multiplicam ativamente, por divisões periclinais e anticlinais e formam una pequena saliência: o primórdio da gema, constituído por células meristemáticas.

Nas gemas que não se originam na axila das folhas recebem o nome de gemas adventícias. Podem desenvolver-se sobre raiz, caule, hipocótilo e folhas. Podem ser *exógenas* ou *endógenas*, originando-se no último caso nos tecidos do córtex ou incluso no câmbio vascular.

RAIZ

No ápice radicular de qualquer espécie pode-se reconhecer de baixo para cima, a *caliptra*, tecido de proteção contra os danos mecânicos do solo e o *meristema*, localizado em posição central por cima da caliptra, razão pela qual ele é denominado "subapical". Nas proximidades do meristema podem-se distinguir os *meristemas primários derivados:* a *protoderme*, o *procâmbio* e o meristema fundamental, que diferenciarão a rizoderme, o cilindro central e o córtex respectivamente.

No meristema apical da raiz de *Pteridophyta* há uma célula inicial piramidal, que tem uma face basal sobre a qual produz células para a caliptra; nas três ou quatro faces restantes, produzem células para o corpo da raiz. Esta célula se divide ciclicamente. Os ciclos podem ter diferentes durações: de 12 a 37 horas (7 horas em *Equisetum scirpoides*, 28 horas em *Azolla filiculoides*, 12 a 25 horas em *Marsilea vestita*).

Em *algumas Pteridophyta* e em todas as *Spermatophyta* o meristema radical é *multicelular*, e pode ser aberto ou fechado. Quando o meristema é aberto, todas as partes da raiz se formam a partir de um grupo comum de células, como ocorre por exemplo em Marattiaceae, Proteaceae, Leguminosae, *Allium cepa*. Em *Picea* e *Pinus* (Gimnospermae) o meristema é aberto e a caliptra apresenta uma região central chamada columela, onde as células se ordenam em fileiras longitudinais.

Quando o meristema da raiz é *fechado*, pode-se atribuir a origem de algumas regiões a uma camada de células independentes. Por exemplo, a epiderme pode ter uma origem comum:

1) Com o córtéx, como acontece em *Stipa, Triticum* e *Zea mays* (Monocotiledônea) ou
2) Com a caliptra como em *Raphanus* e *Linum* (Eudicotiledônea). Neste caso, a camada de células recebe o nome de *caliptro-dermatógeno.*

Em alguns casos: (*Abies e Helianthus*), há apenas dois grupos de células iniciais: um que origina o cilindro central, e o outro que origina as partes restantes.

Em todas as Gramineae o meristema apical da raiz é *fechado*. Uma camada bem definida da parede celular (aparentemente constituída de polisacarídeos) separa a caliptra dos demais tecidos. Também há três grupos de células iniciais: 1) origina a caliptra, o 2) a rizoderme e o córtex e o 3) o cilindro central. Neste caso pode-se definir o primeiro grupo de células iniciais como *caliptrógenas*, porque origina especificamente o tecido da caliptra.

CENTRO QUIESCENTE

Estudos realizados com diferentes técnicas indicam que a região das células iniciais é relativamente *menos ativa* que as regiões vizinhas desde o ponto de vista das divisões celulares. As células iniciais possuem ciclos celulares muito compridos, se dividem a intervalos maiores que nas demais. Por esta razão, a zona ocupada pelas células iniciais é denominada de *centro quiescente* ou centro de repouso. Constitui um reservatório de células que são geneticamente seguras porque passaram por escassos ciclos mitóticos (cada replicação do DNA implica num alto risco de modificação pela complexidade de sua estrutura).

Em raízes com 150.000 a 250.000 células meristemáticas nos ápices, o centro quiescente inclui 500 a 1.000 células. O centro quiescente desempenha um papel essencial na organização e no desenvolvimento do órgão: se o ápice sofre algum dano, o centro quiescente regenera imediatamente um novo meristema apical ou a caliptra.

MERISTEMAS LATERAIS OU SECUNDÁRIOS

Os meristemas laterais ou secundários se dispõem paralelamente aos lados do caule e da raiz, órgãos onde se apresentam.

São dois:

Câmbio

Felogênio

São os responsáveis pelo crescimento em espessura do caule e da raiz, e possuem geralmente forma cilíndrica. Será dado um maior detalhamento a estes meristemas no capítulo sobre o caule (Aula 8).

MERISTEMAS INTERCALARES

Os meristemas intercalares são zonas de tecido primário em crescimento ativo, situadas entre regiões de tecidos mais ou menos diferenciadas.

Um exemplo muito conhecido são os meristemas dos entrenós e das bainhas foliares de muitas Monocotiledôneas. São os responsáveis pelo crescimento em altura da planta.

DIFERENCIAÇÃO CELULAR

A transformação morfológica e fisiológica das células meristemáticas em tecidos adultos ou diferenciados constitui o processo de *diferenciação celular*. Isso e a conseqüente especialização da célula trazem consigo a divisão de trabalho, formando células com funções específicas. A diferenciação se produz pela ativação diferencial de alguns genes e a repressão de outros.

Segundo a posição que ocupa, cada célula recebe determinados estímulos para desenvolver as atividades correspondentes. Atualmente está sendo investigado como as células recebem, interpretam e transmitem tais estímulos. Acredita-se que na sinalização podem intervir gradientes na concentração de determinadas moléculas.

Durante o processo de diferenciação, as células sofrem uma série de mudanças em suas características e se produz um reajuste em suas relações mútuas. As principais mudanças são:

1. Alterações no conteúdo celular (vacúolos, plastídios, sustâncias ergásticas, alterações profundas do protoplasma ou desaparecimento do mesmo).
2. Mudanças na estrutura das paredes celulares, em espessura e em composição química, ou por desaparecimento de porções da mesma (vasos).
3. Reajustes entre as células: aparecimento de espaços intercelulares que as vezes modificam notavelmente o aspecto do tecido.

Os espaços intercelulares podem ter formação *esquizógena* ou *lisígena*. No primeiro caso se dissolve a lamela média nos ângulos e arestas das células. Como conseqüência, as células contíguas se separam nestes lugares formando os espaços intercelulares ou meatos, que podem espessar-se por divisão nas células contíguas e formar câmaras maiores.

Quando há formação lisígena, os ocos entre os tecidos se originam por rutura das células ou dissolução das paredes celulares.

4) Crescimento diferencial nas células vizinhas. Há duas possibilidades: crescimento simplástico e crescimento intrusivo.

CRECIMENTO SIMPLÁSTICO E INTRUSIVO

Crescimento simplástico é quando o crescimento de uma célula se produz em conjunto com o das células vizinhas. No câmbio, há crescimento intrusivo no desemparelhamento com as células vizinhas, quando o elemento abre caminho entre elas. Nas paredes das células contíguas se separam durante a formação de espaços intercelulares. Os plasmodesmos que existiam desaparecem e geralmente não se estabelecem novas conexões intercelulares nas porções celulares que crescem intrusivamente. Os elementos alongados como as fibras e as traqueídes crescem por crescimento intrusivo.

DESDIFERENCIACÃO

As células adultas vivas, que ainda não atingiram especialização e estabilidade fisiológica, podem recobrar sua atividade meristemática quando são adequadamente estimuladas. Este processo recebe o nome de desdiferenciacão. Não pode ocorrer quando já houve modificação muito profunda do protoplasto ou o seu desaparecimento. Ocorre naturalmente em plantas quando se originam os meristemas secundários. Por exemplo, o felogênio, meristema encarregado da formação dos tecidos de proteção secundários, se origina por desdiferenciação das células epidérmicas e/ ou subepidérmicas.

CONCLUSÃO

Os meristemas são os tecidos responsáveis pelo crescimento e cicatrização de injúrias nos vegetais. São formados por células que contém os elementos essenciais para a edificação da estrutura das células diferenciadas. De acordo com a sua localização no corpo da planta, os meristemas podem ser classificados em apicais, laterais e intercalares. Levando em consideração o tempo de aparecimento do meristema, eles são classificados em primários e secundários. Os meristemas apicais são primários (responsáveis pela formação do corpo primário da planta), e os laterais (câmbio e felogênio), são *secundários* (responsáveis pela formação do corpo secundário nos organismos que crescem em espessura). Os meristemas apicais desempenham três funções básicas: auto perpetuação, produção de células somáticas e estabelecimento dos padrões de desenvolvimento do órgão.

RESUMO

Vimos nesta aula que apesar de as células meristemáticas serem morfologicamente indiferenciadas, são, no entanto especializadas na função de dividir-se ordenadamente. Sua estrutura e fisiologia são muito diferentes das de qualquer outra célula do corpo da planta. Os meristemas podem ser classificados em apicais, laterais e intercalares e se fomos levar em consideração o tempo de aparecimento destes meristemas, eles podem ser classificados em primários e secundários. Os meristemas apicais são primários, e os laterais (câmbio e felogênio), são secundários. Das funções básicas desempenhadas por este tecido destaca-se o estabelecimento de padrões de desenvolvimento do órgão onde as divisões provenientes das células do meristema seguem um programa pré determinado que se relaciona com a forma externa do ápice e com a ordenação intrínseca de crescimento. A relação entre os primórdios foliares e o meristema apical varia muito nas diferentes espécies, no entanto, Em *Pteridófitas* as folhas se formam a partir de células superficiais únicas ou a partir de grupos de células superficiais, uma das quais se desenvolve rapidamente e se converte na célula apical do primórdio. Na maioria das *Gimnospermas* e *Eudicotiledôneas* as divisões se iniciam nas camadas *subsuperficiais*. No entanto, em muitas *Monocotiledôneas* a iniciação foliar começa com divisões periclinais nas células da camada *superficial* do ápice. A posição dos primórdios foliares ao redor do caule está correlacionada com a filotaxia. A disposição das folhas está correlacionada com a *arquitetura do sistema vascular no caule*, de modo que é parte de um desenho global na organização caulinar.

ATIVIDADES

1. Como podemos classificar os meristemas?
2. Quais as funções do meristema?
3. Como o meristema é constituído?
4. Em relação ao meristema apical, existem diferenças neste meristema em relação ao grupo botânico a que pertence a planta?

PRÓXIMA AULA

Estudaremos o sistema de células compactamente arranjadas no geral que revestem o corpo primário da planta: Epiderme.

REFERÊNCIAS

CLARK L. G.; J. B. FISHER. 1986. **Vegetative Morphology of Grasses**: Shoots and Roots. Int. Grass Symp, p. 37-45.
MAUSETH, J. 1988. Plant Anatomy. Benjamin/Cummings http://www.esb.utexas.edu/mauseth/weblab.htm
MOORE, R., W. DENNIS CLARK; K. R. STERN. 1995. Botany. Wm. C. Brown Publishers.
RAVEN P.H., EVERT R. F.; EICHHORN S. E. 1992. Biology of Plants. 5th ed. Worth Pub.
STRASBURGER, E. 1994. **Tratado de Botánica**. 8 ed. castellana: Ediciones Omega S.A.